

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-35844  
(P2001-35844A)

(43)公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51)IntCl.

識別記号

H 0 1 L 21/316

F I

H 0 1 L 21/316

テーマコード(参考)

X 5 F 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-204635

(22)出願日 平成11年7月19日(1999.7.19)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 榎本 容幸

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

(74)代理人 100082762

弁理士 杉浦 正知

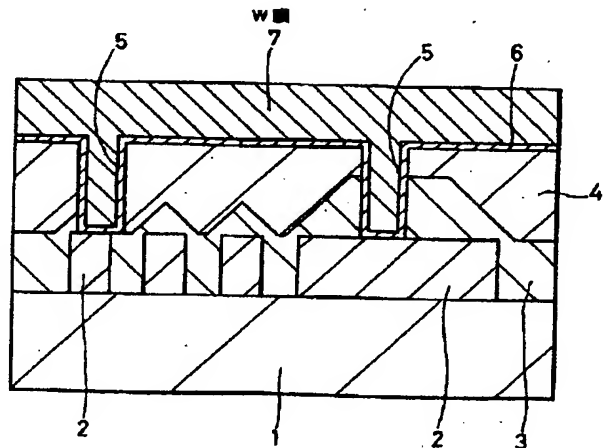
Fターム(参考) 5F058 BA10 BC02 BC04 BC20 BF07  
BF24 BF29 BH01 BJ01 BJ02

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法および絶縁膜の形成方法

(57)【要約】

【課題】 絶縁膜の膜剥がれを防止する。

【解決手段】半導体基板1上に配線層2を形成した後、HDP-CVD法により全面にSiOF膜3を形成する。このSiOF膜3の形成を、SiOF膜3に取り込まれる水素の量が抑制される条件のもとで行う。具体的には、フッ素および酸素を含み水素を含まない原料ガスを用いて、SiOF膜3を形成する。または、SiOF膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で、SiOF膜3を形成する。その後、TEOSガスを用いてSiO<sub>2</sub>膜4を形成し表面平坦化を行う。密着層6を形成する前に熱処理を行い、SiOF膜3から水素を放出させる。密着層6として、Ti膜などの水素を吸蔵する作用を有する膜を成膜した後、ブランケットWCVD法によりW膜7を形成する。



入力済

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、上記絶縁膜に取り込まれる水素の量が抑制される条件のもとで、上記絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 構成元素として上記絶縁膜を構成する元素を含み水素を含まない原料ガスを用いて、上記絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 上記絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で、上記絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 上記絶縁膜を形成した後、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 上記絶縁膜から水素を放出させた後から上記半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度の最高温度以上の温度に加熱することにより、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項4記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 上記水素を吸蔵する作用を有する膜がT i膜であることを特徴とする請求項6記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 上記絶縁膜がS i O F膜であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 上記S i O F膜を、構成元素としてS i、FおよびOを含みHを含まない原料ガスを用いて形成するようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 上記S i O F膜を350℃以上の形成温度で形成するようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 上記S i O F膜を形成した後、上記S i O F膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 上記S i O F膜から水素を放出させるときの温度を、430℃以上にすることを特徴とする請求項11記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、上記絶縁膜を構成する元素を含み水素を含まない原料ガスを用いて、上記絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項14】 上記絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で、上記絶縁膜を

形成するようにしたことを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 上記絶縁膜を形成した後、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 上記絶縁膜から水素を放出させた後から上記半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度のうちの最高温度以上の温度に加熱することにより、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項15記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】 水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 上記絶縁膜がS i O F膜であることを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法。

【請求項19】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、上記絶縁膜を、上記絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で形成するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項20】 上記絶縁膜を形成した後、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項19記載の半導体装置の製造方法。

【請求項21】 上記絶縁膜から水素を放出させた後から上記半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度のうちの最高温度以上の温度に加熱することにより、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項20記載の半導体装置の製造方法。

【請求項22】 水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項19記載の半導体装置の製造方法。

【請求項23】 上記絶縁膜がS i O F膜であることを特徴とする請求項19記載の半導体装置の製造方法。

【請求項24】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、上記絶縁膜を形成した後、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項25】 上記絶縁膜から水素を放出させた後から上記半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度のうちの最高温度以上の温度に加熱することにより、上記絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項26】 水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】 上記絶縁膜がS i O F膜であることを特徴とする請求項24記載の半導体装置の製造方法。

【請求項28】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、

少なくとも上記絶縁膜に取り込まれた水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項29】 上記絶縁膜の上方に導電層を形成する前に、上記絶縁膜の上方に上記水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とする請求項28記載の半導体装置の製造方法。

【請求項30】 上記水素を吸蔵する作用を有する膜がTi膜であることを特徴とする請求項28記載の半導体装置の製造方法。

【請求項31】 形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜の形成方法において、上記絶縁膜の昇温脱離特性が、350℃以下において水素の脱離ピークを持たないことを特徴とする絶縁膜の形成方法。

【請求項32】 上記絶縁膜がSiOF膜であることを特徴とする請求項31記載の絶縁膜の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体装置の製造方法および絶縁膜の形成方法に関し、特に、SiOF膜からなる層間絶縁膜を有する半導体装置の製造に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】配線ピッチのスケールダウンに伴い、配線抵抗、配線容量の増加に伴う配線遅延の問題が注目されている。これに伴い、低抵抗配線材料や低誘電体膜の検討が広く行われている。

【0003】そして、SiOF膜は、従来のSiO<sub>2</sub>膜にFを添加することにより、低誘電化を図ることができるため、従来技術との整合性の観点から高く評価されている。特に、高密度プラズマ化学気相成長(High Density Plasma CVD、以下、HDP-CVD)法により形成されたSiOF膜は、埋め込み特性に優れているとともに、吸湿性の低い膜であるため、0.2μm世代以降の層間絶縁膜として期待されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、現状においては、上述のSiOF膜をAl配線における層間絶縁膜として用いた場合、Wからなる接続孔プラグを形成するプロセスにおいて、ブランケットWCVD法によりW膜を形成する際に膜剥がれが発生してしまうという問題があった。

【0005】したがって、この発明の目的は、絶縁膜における膜剥がれを防止することができる半導体装置の製造方法および絶縁膜の形成方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決すべく、鋭意検討を行った。以下にその概要を説明する。

【0007】本発明者の知見によれば、上述した膜剥がれは、SiOF膜上にSiO<sub>2</sub>膜を形成しW膜の密着層となるTiN膜を形成した後、ブランケットWCVD法によりW膜の形成における熱処理が行われた段階で発生する。

【0008】本発明者は、このような膜剥がれの発生要因についての調査を行うために種々実験を行った。その結果、膜剥がれが発生する箇所において、フッ素濃度が高いことが確認された。また、膜剥がれの発生箇所と非発生箇所での昇温脱離特性の評価を行った結果、図4に示すように、脱ガスであるH<sub>2</sub>が、その脱離ピークを低温側に持つことが確認され、図5に示すように、脱ガスであるFにおいても、その脱離ピークを低温側に持つことが確認された。

【0009】この分析結果に基づいて、本発明者は膜剥がれの発生要因として、次の2点を想起するに至った。すなわち、第1の要因は、Si-F結合により、Si原子の電子が電気陰性度の高いF側に引き寄せられ、密着層としてのTiN膜中における余剰のTiとの結合が弱くなることである。また、第2の要因は、脱ガスであるH<sub>2</sub>やFにより密着層としてのTiN膜中における余剰のTiが消費され、酸化膜との密着性向上に寄与するTiとSiO<sub>2</sub>との反応が抑制されることである。

【0010】そこで、本発明者は、これらの2つの要因に基づいて膜剥がれ対策を実施し、種々実験を行いつつ、検討を行った。その結果、本発明者は、SiOF膜中のマイクロボアに取り込まれたH、Fが膜剥がれに作用していることを想起するに至った。

【0011】しかしながら、本発明者が、膜剥がれが生じたサンプルにおける膜剥がれの発生箇所を、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察したところ、膜剥がれは、上述した膜剥がれの発生要因の考察の段階で想定していたTiN膜とSiOF膜との界面ではなく、SiOF膜とSi基板との界面において発生していることが確認された。また、この膜剥がれの発生箇所をSEMを用いて観察したところ、気泡状の剥離面が観察された。

【0012】そこで、本発明者は、これまでの実験結果とSEM観察の結果とに基づいて、再度鋭意検討を行ったところ、この膜剥がれには、SiOF膜中からの脱ガスが作用していることを知見するに至った。また、図4に示すSiOF膜の昇温脱離特性においてH<sub>2</sub>ガスの脱離ピークが低温側において急峻であることと比較して、図5に示すSiOF膜の昇温脱離特性においてFガスの脱離ピークは小さい。これらのことから、本発明者は、脱ガスとしてのH<sub>2</sub>ガスがSiOF膜の膜剥がれに強い影響を与えているとの知見を得るに至った。そして、SiOF膜上にTiN膜が存在する場合には、脱ガスがTiN膜中を拡散しないとすると、脱ガスとしてのH<sub>2</sub>ガスはSiOF膜中に滞留し、密着性の弱い界面から剥がれに至ることを想起した。

【0013】すなわち、本発明者は、SiOF膜を形成する際に、その膜中に取り込まれたH<sub>2</sub>が、W膜の成膜における熱処理の温度で脱離することが、SiOF膜の膜剥がれの原因であるとの結論に至った。

【0014】以上のことから、SiOF膜の膜剥がれを抑制するためには、SiOF膜中のH<sub>2</sub>の量を減少させるのが好ましい。

【0015】また、SiOF膜の形成の際に取り込まれたH<sub>2</sub>は、SiOF膜を形成する際の原料ガスとなるSiH<sub>4</sub>ガスが高密度プラズマ中において、  

$$\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si}^+ + 4\text{H}^+$$

と分解されて生じたH<sup>+</sup>とH<sup>+</sup>とが結合することによって生成されたものである。そのため、膜剥がれを抑制するためには、SiOF膜の形成における原料ガスとして、Hを含まない原料ガスを用いるのが好ましい。

【0016】また、SiOF膜の膜剥がれに影響を与えているものは、250～350℃付近の温度で脱離するH<sub>2</sub>であると考えられる。そのため、膜剥がれを抑制するためには、SiOF膜の成膜温度を350℃以上に設定するのが好ましい。

【0017】また、上層に密着層や配線層を形成する段階で、SiOF膜中のH<sub>2</sub>の量を低減させておくためには、SiOF膜形成後に脱ガスを伴う熱処理を行うことにより、あらかじめSiOF膜からH<sub>2</sub>を脱離させておくのが好ましい。

【0018】また、上述したように、SiOF膜の膜剥がれの原因のひとつは、SiOF膜から脱離したH<sub>2</sub>が、W膜の密着層としてのTiN膜の存在によって外部に拡散されず、密着性の弱い界面に滞留することであると考えられる。そのため、W膜の密着層としてH<sub>2</sub>を吸蔵する作用を有する材料、具体的にはTiを使用し、SiOF膜から脱離したH<sub>2</sub>をこのTiに吸蔵させることにより、H<sub>2</sub>が密着性の弱い界面に滞留するのを防止するのが好ましい。

【0019】この発明は以上の検討に基づいて案出されたものである。

【0020】すなわち、上記目的を達成するために、この発明の第1の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、絶縁膜に取り込まれる水素の量が抑制される条件のもとで、絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とするものである。

【0021】この第1の発明において、絶縁膜中に取り込まれる水素の量を最小限にするために、典型的には、構成元素として絶縁膜を構成する元素を含み水素を含まない原料ガスを用いて、絶縁膜を形成する。

【0022】この第1の発明において、絶縁膜中に取り込まれる水素の量を最小限にするために、典型的には、絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で、絶縁膜を形成する。

【0023】この第1の発明において、上層に形成される密着層の形成後に絶縁膜から脱離される水素の量を抑制するために、典型的には、絶縁膜を形成した後、絶縁膜から水素を放出させる。また、この第1の発明において、半導体装置の製造中に絶縁膜の膜剥がれが生じるのを防止するために、好適には、絶縁膜から水素を放出させた後から半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度の最高温度以上の温度に加熱することにより、絶縁膜から水素を放出させる。

10 【0024】この第1の発明において、絶縁膜に含まれる水素の量を低減するために、典型的には、絶縁膜に取り込まれた水素を吸蔵する作用を有する膜を形成する。また、この水素を吸蔵する作用を有する膜は、典型的には、Ti膜であるが、Pd膜やMg膜などを用いることも可能であり、IIA金属、IIIA金属などを用いることも可能である。また、MgNi合金、MgCu合金、MgAl合金などのMg系二元合金、もしくはMg系三元合金などの膜を用いることも可能である。

20 【0025】この第1の発明において、絶縁膜をSiOF膜とした場合、典型的には、SiOF膜を構成元素としてフッ素および酸素を含み水素を含まない原料ガスを用いて形成する。また、この第1の発明において、SiOF膜に取り込まれる水素の量を低減するために、好適には、SiOF膜を350℃以上の形成温度で形成する。また、SiOF膜を形成した後、SiOF膜から水素を放出させるようにする。このとき、SiOF膜から水素を放出させるときの温度を、430℃以上にする。

30 【0026】この発明の第2の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、絶縁膜を構成する元素を含み水素を含まない原料ガスを用いて、絶縁膜を形成するようにしたことを特徴とするものである。

【0027】この第2の発明において、絶縁膜中に取り込まれる水素の量を最小限にするために、典型的には、絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で、絶縁膜を形成する。

【0028】この第2の発明において、絶縁膜中の水素の量を低減するために、典型的には、絶縁膜を形成した後、絶縁膜から水素を放出させる。

40 【0029】この第2の発明において、典型的には、絶縁膜から水素を放出させるときの温度を、絶縁膜に含まれる水素を放出させた後から半導体装置の製造が終了するまでの間の加熱温度のうちの最高温度以上とする。

【0030】この第2の発明において、絶縁膜に含まれる水素の量を低減するために、典型的には、絶縁膜に取り込まれた水素を吸蔵する作用を有する膜を形成する。

50 【0031】この発明の第3の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、絶縁膜を、絶縁膜の昇温脱離特性において水素の脱離ピークとなる温度以上の温度で形成す

るようにしたことを特徴とするものである。

【0032】この第3の発明において、絶縁膜中の水素の量を低減するために、典型的には、絶縁膜を形成した後、絶縁膜から水素を放出させる。このとき、絶縁膜から水素を放出させた後から半導体装置の製造が終了するまでの間における加熱温度のうちの最高温度以上の温度に加熱することにより、絶縁膜から水素を放出させるようにする。

【0033】この第3の発明において、絶縁膜に含まれる水素の量を低減するために、典型的には、絶縁膜に取り込まれた水素を吸蔵する作用を有する膜を形成する。

【0034】この発明の第4の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、絶縁膜を形成した後、絶縁膜から水素を放出させるようにしたことを特徴とするものである。

【0035】この第4の発明において、好適には、絶縁膜から水素を放出させるときの温度を、絶縁膜から水素を放出させた後、半導体装置の製造が終了するまでの間の加熱温度のうちの最高温度以上とする。

【0036】この第4の発明において、典型的には、絶縁膜の形成する前または形成した後、水素を吸蔵する作用を有する膜を形成する。

【0037】この発明の第5の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜を用いた半導体装置の製造方法において、水素を吸蔵する作用を有する膜を形成するようにしたことを特徴とするものである。

【0038】この第5の発明において、典型的には、絶縁膜の上方に導電層を形成する前に、絶縁膜に含まれた水素を吸蔵する作用を有する膜を形成する。

【0039】この第5の発明において、典型的には、水素を吸蔵する作用を有する膜はTi膜であるが、例えばPd膜などを用いることも可能であり、IIA金属、IIIA金属などを用いることも可能である。また、MgNi合金、MgCu合金、MgAl合金などのMg系二元合金、もしくはMg系三元合金などの膜を用いることも可能である。

【0040】この発明の第6の発明は、形成時に水素が取り込まれる性質を有する絶縁膜の形成方法において、絶縁膜の昇温脱離特性が、350℃以下において水素の脱離ピークを持たないことを特徴とするものである。

【0041】この第6の発明において、絶縁膜をSiOF膜とした場合には、典型的には、SiOF膜を構成元素としてフッ素および酸素を含み水素を含まない原料ガスを用いて形成する。また、好適には、SiOF膜を350℃以上の形成温度で形成する。また、SiOF膜を形成した後、SiOF膜から水素を放出させるようにする。このとき、SiOF膜から水素を放出させるときの温度を、430℃以上にする。

【0042】この発明において、典型的には、絶縁膜は

SiOF膜であるが、SiN膜、SiO<sub>2</sub>膜、SiON膜などであってもよい。

【0043】上述のように構成されたこの発明による半導体装置の製造方法および絶縁膜の形成方法によれば、形成時に水素を取り込む性質を有する絶縁膜において、絶縁膜中に水素が取り込まれるのを抑制するか、または、絶縁膜中の水素を少なくとも絶縁膜の外部に脱離させていることにより、絶縁膜に含まれる水素の量を低減することができるので、この絶縁膜から放出される水素の量を低減することができる。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、以下の実施形態の全図においては、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0045】まず、この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。図1～図3はこの第1の実施形態による半導体装置の製造方法を示す。

【0046】図1に示すように、この第1の実施形態においては、まず、トランジスタなどの半導体素子（図示せず）が形成されたSi基板などの半導体基板1上に、例えばAl膜からなる配線層2を形成する。

【0047】次に、例えばHDP-CVD法により、配線層を覆うようにして全面にSiOF膜3を形成する。このHDP-CVD法によるSiOF膜3の形成においては、原料ガスとしてSi、OおよびFを含み、Hを含まないガスを用いる。また、複数種類のガスを用いる場合には、少なくとも一種類のガスはFを含むガスとする。以下に、上述の条件を満たす、このSiOF膜3の形成におけるCVD条件の一例を挙げる。

【0048】SiF<sub>4</sub> ガス流量：100 sccm

O<sub>2</sub> ガス流量：200 sccm

Arガス流量：100 sccm

ICPパワー：4500W（ICP：Inductively Coupled Plasma）

バイアスパワー：2500W

上述の条件のもとで、SiOF膜3の形成を行った後、図1Bに示すように、例えば、TEOSガスをを用いたプラズマCVD法により、SiOF膜3上の全面にSiO<sub>2</sub>膜4を形成する。

【0049】次に、図2Aに示すように、例えば化学機械研磨（CMP）法によってSiO<sub>2</sub>膜4の表面を研磨することにより、表面平坦化を行う。

【0050】次に、図2Bに示すように、平坦化されたSiO<sub>2</sub>膜4上に接続孔5の形成領域に開口を有するレジストパターン（図示せず）を形成した後、このレジストパターンをマスクとして、例えば反応性イオンエッチング（RIE）法によりSiO<sub>2</sub>膜4およびSiOF膜3を順次エッチングする。これにより、SiOF膜3およびSiO<sub>2</sub>膜4の部分に接続孔5が形成される。

【0051】次に、図2Cに示すように、露出面を覆うようにして例えばTiN膜からなる密着層6を形成する。

【0052】次に、図3に示すように、例えばブランケットWCVD法により、接続孔5に埋め込むようにして全面にW膜7を形成する。このW膜7の形成の際には、SiOF膜3中のH<sub>2</sub>ガスが少なく、また、その放出も少ない。したがって、H<sub>2</sub>が脱離したとしてもごく微量であるため、SiOF膜3の膜剥がれは防止される。

【0053】その後、従来公知の方法により、配線や層間絶縁膜を順次形成することにより、所望の半導体装置を製造する。

【0054】以上説明したように、この第1の実施形態による半導体装置の製造方法によれば、構成元素としてHを含まないガスを用いてSiOF膜3を形成していることにより、SiOF膜3の形成の際のSiOF膜3中にH<sub>2</sub>が取り込まれるのを抑制することができる。そのため、ブランケットWCVD法によりW膜7を形成する際に、その形成温度において、SiOF膜3からH<sub>2</sub>が放出されるのを防止することができる。これにより、H<sub>2</sub>ガスの放出に起因するSiOF膜3の膜剥がれを防止することができるので、配線容量を低減するために低誘電体膜としてSiOF膜3を用いる場合に、Wプラグを形成することが可能となる。したがって、配線容量の増加を抑制しつつ、半導体素子の微細化を達成することができる。

【0055】次に、この発明の第2の実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。

【0056】上述したようにSiOF膜の剥がれに影響を与えている要因は、250～350℃付近においてSiOF膜3中から脱離するH<sub>2</sub>ガスである(図4参照)。したがって、この第2の実施形態においては、第1の実施形態と異なり、HDP-CVD法によりSiOF膜3を形成する際の成膜温度を350℃以上とする。以下に、このSiOF膜3の形成におけるCVD条件の一例を以下に挙げる。

【0057】SiH<sub>4</sub>ガス:50sccm

SiF<sub>4</sub>ガス:50sccm

O<sub>2</sub>ガス:200sccm

Arガス:100sccm

ICPパワー:4500W

バイアスパワー:2500W

He冷却圧力:6Torr

この成膜温度を350℃以上としたCVD条件のもとでSiOF膜3を形成する場合には、原料ガスとして、構成元素にHを含むガスを用いることが可能となる。また、このCVD条件以外のことについては、第1の実施形態におけると同様であるので説明を省略する。

【0058】以上説明したように、この第2の実施形態による半導体装置の製造方法によれば、SiOF膜3を

H<sub>2</sub>ガスの脱離ピークとなる温度以上の成膜温度で形成するようにしていることにより、SiOF膜3の形成の際に、このSiOF膜3中に取り込まれるH<sub>2</sub>の量を抑制することができる。これにより、ブランケットWCVD法によりW膜7を形成する際に、その形成温度において、SiOF膜3からH<sub>2</sub>ガスが大量に放出するのを防止することができるので、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0059】次に、この発明の第3の実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。

【0060】この第3の実施形態による半導体装置の製造方法においては、まず、第1の実施形態と同様にして、半導体基板1上に配線2を形成する。その後、第2の実施形態と同様にして、配線2を覆うようにして、全面にSiOF膜3を形成する。

【0061】次に、半導体基板1を加熱することにより、SiOF膜3に対して脱ガス処理を行う。この脱ガス処理においては、後に形成されるW膜7の形成において脱ガス処理を行わない場合に放出されるH<sub>2</sub>ガス量以上の量のH<sub>2</sub>ガスを放出させるために、加熱温度をW膜7の形成温度(430℃程度)以上とし、加熱時間をW膜7の形成時間以上とする。また、好適には、このSiOF膜3の脱ガス処理における加熱温度は、この脱ガス処理を行った後から半導体装置の製造が終了するまでの間の最高温度以上の温度とする。なお、この脱ガス処理はSiOF膜3を形成した後、少なくとも密着層5を形成する前に行う。以下に、このSiOF膜3に対する脱ガス処理における、上述の条件を満たす加熱条件の一例を挙げる。

【0062】加熱時間:10分

加熱温度:450℃

圧力:20Torr

なお、この脱ガス処理条件においては、加熱温度が高く真空度が高い方が好ましい。

【0063】その後、第1の実施形態におけると同様にして、SiO<sub>2</sub>膜4を形成し、その表面平坦化を行った後、SiOF膜3およびSiO<sub>2</sub>膜4の部分に選択的に接続孔5を形成する。その後、SiO<sub>2</sub>膜4の表面を覆うようにして密着層6およびW膜7を順次形成し、これらのW膜7および密着層6の全面エッチバックを、SiO<sub>2</sub>膜4の表面が露出するまで行う。これにより、接続孔5の内部に密着層6を下地としたWプラグが埋め込まれる。

【0064】その後、従来公知の方法により、配線や層間絶縁膜を順次形成することにより、所望の半導体装置を製造する。

【0065】以上説明したように、この第3の実施形態によれば、SiOF膜3の形成後、密着層6の形成前に、半導体基板1に対して、W膜7の形成時間以上の時間、形成温度以上の温度で熱処理を行って、SiOF膜



11

3に含まれるH<sub>2</sub>ガスの脱ガスを行っていることにより、脱ガス処理を行わずにW膜7を形成する場合に放出されるH<sub>2</sub>ガス量以上のH<sub>2</sub>ガスを放出させることができるので、SiOF膜3中のH<sub>2</sub>の量を大幅に低減することができ、W膜7の形成の際にSiOF膜3からH<sub>2</sub>ガスが放出されるのを防止することができる。したがって、W膜7の形成の際に発生するSiOF膜3の膜剥がれを抑制することができるので、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0066】次に、この発明の第4の実施形態による半導体装置の製造方法について説明する。

【0067】この第4の実施形態による半導体装置の製造方法においては、まず、第1の実施形態と同様にして、半導体基板1上に配線2を形成した後、全面にSiOF膜3を形成する。次に、SiOF膜3上に例えばプラズマCVD法により、SiO<sub>2</sub>膜4を形成し、CMP法によりその表面平坦化を行う。その後、例えばRIE法によりSiO<sub>2</sub>膜4およびSiOF膜3を選択的にエッチングすることにより、接続孔5を形成する。

【0068】次に、第1の実施形態と異なり、露出面を覆うようにして、水素を吸蔵する作用を有する膜として例えばTi膜を形成する。その後、このTi膜上にTiN膜を形成することにより、TiN/Ti膜からなる密着層6を形成する。

【0069】次に、第1の実施形態と同様にして、例えばブランケットWCVD法により全面にW膜7を形成した後、SiO<sub>2</sub>膜4の表面が露出するまで、W膜7および密着層6の全面エッチバックを行うことにより、接続孔5の内部にWプラグを埋め込む。

【0070】その後、従来公知の方法により、配線や層間絶縁膜を順次形成することにより、所望の半導体装置を製造する。

【0071】以上説明したように、この第4の実施形態による半導体装置の製造方法によれば、SiOF膜3の上方に水素を吸蔵する作用を有するTi膜を形成し、SiOF膜3中から脱離するH<sub>2</sub>ガスをこのTi膜中に吸蔵させていることにより、SiOF膜3中に取り込まれたH<sub>2</sub>がW膜7の形成時に半導体基板1や配線2とSiOF膜3との界面に滞留するのを防止することができる。これによって、このH<sub>2</sub>ガスが滞留することによつ

12

て生じるSiOF膜3の剥離を防止することができるので、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0072】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0073】例えば、上述の実施形態において挙げた数値はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値を用いてもよい。

【0074】また、例えば上述の第3の実施形態においては、SiOF膜3の脱ガス処理をSiOF膜3の形成直後に行っているが、この脱ガス処理は、SiO<sub>2</sub>膜4を形成した後に行うようにしてもよい。また、脱ガス処理を、SiO<sub>2</sub>膜4の表面平坦化後に行うようにしてもよく、接続孔5を形成した後に行うようにしてもよい。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体装置の製造方法および絶縁膜の形成方法によれば、形成時に水素を取り込む性質を有する絶縁膜において、絶縁膜中に水素が取り込まれるのを抑制するか、または、絶縁膜中の水素をこの絶縁膜の外部に脱離させることにより、絶縁膜中の水素を低減することができ、絶縁膜からの水素の放出を抑制することができるので、絶縁膜の膜剥がれを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図2】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

【図3】この発明の第1の実施形態による半導体装置の製造方法を説明するための断面図である。

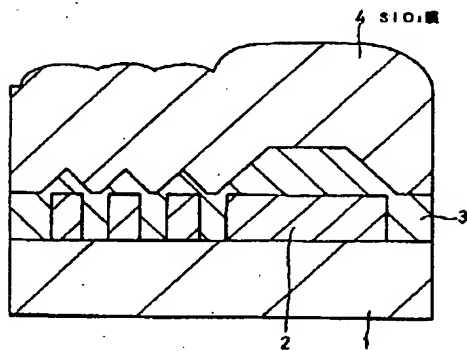
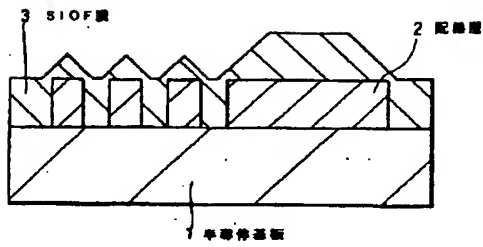
【図4】SiOF膜の膜剥がれの発生領域および非発生領域におけるH<sub>2</sub>の昇温脱離特性を示すグラフである。

【図5】SiOF膜の膜剥がれの発生領域および非発生領域におけるFの昇温脱離特性を示すグラフである。

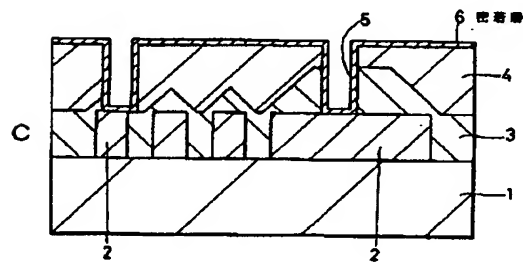
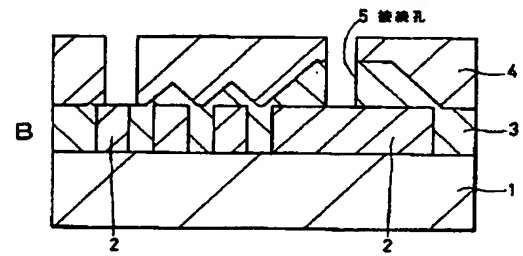
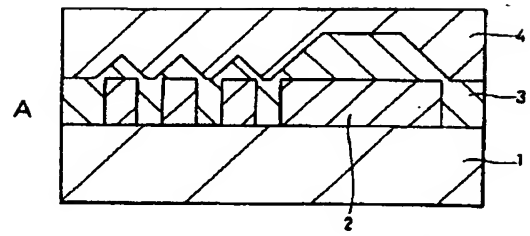
【符号の説明】

1・・・半導体基板、2・・・配線、3・・・SiOF膜、4・・・SiO<sub>2</sub>膜、5・・・接続孔、6・・・密着層、7・・・W膜

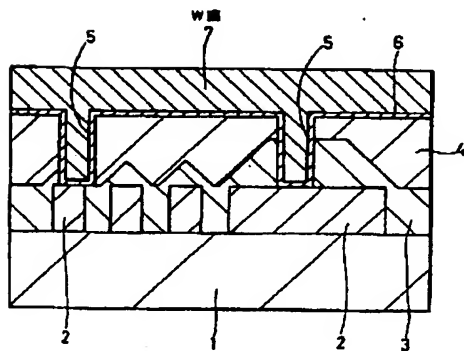
【図1】



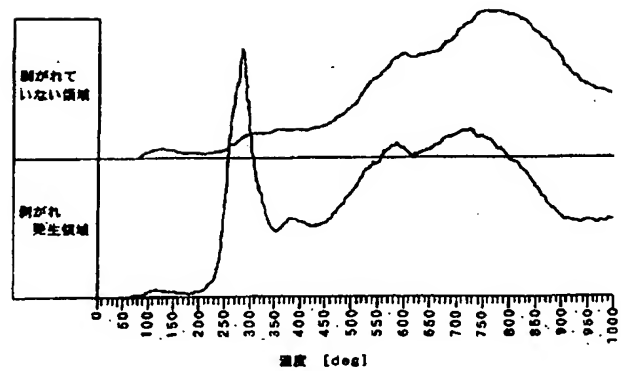
【図2】



【図3】



【図4】





【図5】

